

УДК 658.382

В.І.ШЕВЧЕНКО

Харківська національна академія міського господарства

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ТА ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙ

Розглядається послідовність аналізу небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення і розвитку техногенних аварій на об'єктах підвищеної небезпеки (ОПН), що дозволяє розробляти заходи щодо зменшення ризику до прийнятного рівня.

Україна відноситься до країн з високим рівнем ризику техногенних аварій і катастроф. Найбільша кількість потенційно небезпечних об'єктів експлуатується в таких галузях як хімічна та оборонна промисловість, енергетика, транспорт, будівництво. В сучасних умовах існування промисловості у більшості технологічного устаткування термін експлуатації давно закінчився. При цьому під впливом умов експлуатації виникли суттєві зміни вихідних технічних параметрів матеріалу конструкцій, які старіють, піддаються корозії тощо. Крім того, внаслідок вимушеного простою, устаткування не має систематичного контролю, огляду і ремонту. У зв'язку з цим подальша експлуатація таких об'єктів викликає підвищену небезпеку і потребує їх ідентифікації і декларування, а при віднесенні об'єктів до об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) включення їх до Державного реєстру ОПН за рішенням Держнаглядохоронпраці.

Методичні основи щодо декларування безпеки та експлуатації ОПН, розробки заходів запобігання аварій, локалізації їх розвитку та оцінки масштабів наслідків викладає „Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів...” [1], затверджена наказом Міністерства праці та соціальної політики України №637 від 04.12.2002р. Великий обсяг цієї Методики потребує розгляду основних етапів визначення ризиків ОПН.

Потенційно небезпечними об'єктами вважаються об'єкти, де використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини.

Потенційно небезпечний об'єкт вважається ОПН відповідно класу у разі, коли значення сумарної маси небезпечної або декількох небезпечних речовин, що знаходяться на об'єкті, перевищує встановлений норматив порогової маси [2].

Сумарна маса кожної небезпечної речовини із зазначених у нормативах порогових мас індивідуальних небезпечних речовин або кожної небезпечної речовини розраховується під час проведення ідентифікації для кожного потенційного об'єкта і за своїми властивостями може бути віднесена до будь-якої категорії або до декількох категорій

небезпечних речовин. Порогову масу небезпечних речовин однієї групи визначають за формулою

$$Q_p = \sum q_i / (q_i / Q_i), \quad (1)$$

де \sum – сумарна величина; q_i – сумарна маса небезпечної речовини, що знаходиться на об'єкті; Q_i – норматив порогової маси цієї небезпечної речовини.

Сумарна маса небезпечних речовин однієї групи дорівнює або перевищує її порогове значення, якщо виконується умова

$$\sum (q_i / Q_i) \geq 1. \quad (2)$$

Державний реєстр ОПН веде Держнаглядохоронпраці. Суб'єкт господарської діяльності, у власності або користуванні якого є хоча б один ОПН, організує розроблення і складання декларації безпеки ОПН відповідно до вимог [3].

Декларація безпеки складається на основі дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварій, що пов'язані з експлуатацією цих об'єктів.

Для ОПН, які ідентифіковані як ОПН 1 класу, результати дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику, а також обґрунтування прийнятих щодо безпечної експлуатації та локалізації і ліквідації наслідків аварій рішень подаються в декларації безпеки.

Оцінка рівня ризику проводиться згідно з Методикою [1].

Методика призначена для: розробки декларації безпеки ОПН; прийняття рішень щодо розташування та експлуатації ОПН; розробки заходів запобігання аварій та підготовки до реагування на них.

Для кожного об'єкта дослідження розглядається виникнення і розвиток аварій: пов'язаних з впливом зовнішніх сил природного, техногенного й антропогенного походження; у результаті відхилень під час експлуатації.

Оскільки зовнішні впливи та їх імовірності не залежать від умов експлуатації ОПН, робиться тільки оцінка можливих наслідків і визначається достатність заходів для забезпечення стійкості об'єкта та зменшення негативних наслідків.

Аналіз і оцінка ризику експлуатаційної небезпеки є найбільш важливим етапом досліджень, завданням якого є виявлення всіх можливих небезпек, що виникають під час експлуатації та здатних привести до виникнення та розвитку аварій. Оцінка ризику здійснюється через визначення імовірності небажаних наслідків аварій на основі сценаріїв їх виникнення та розвитку. При цьому подія, що є вершиною подій, які

призводять до виникнення аварій, одночасно є початком її розвитку.

Аналіз безпеки та ризику аварій на ОПН здійснюється в такій послідовності.

1. *Постановка завдання* включає встановлення рівня ризику, що зумовлений експлуатацією ОПН, управління ризиком шляхом зіставлення встановленого рівня ризику з прийнятним та вибір рішень щодо його зниження.

Для виділення об'єктів, для яких необхідно при виконанні дослідження ризику з метою розробки декларації зробити аналіз безпеки та ризику, належить: визначити ті апарати чи установки, на яких можливі аварії з найбільшим викидом небезпечних речовин; виділити ті з них, на яких аварії з ураженням та нанесенням збитків можливі за межами підприємства; установити зони максимального ураження, вид і масштаб можливих наслідків негативних впливів; визначити об'єкти “турботи”, тобто реципієнти, негативний вплив аварій на які створює небезпеку для життєдіяльності населення та для довкілля і зачіпає інтереси громадськості.

2. *Аналіз безпеки та умов виникнення аварій.* Для кожного об'єкта аналізу оцінюються можливість впливу зовнішніх сил виходячи з особливостей місця його розташування на основі орієнтовного переліку зовнішніх впливів [4].

Далі виконується аналіз тільки тих небезпек, що пов'язані з порушенням умов безпечної експлуатації об'єкта. Аналіз включає: виявлення небезпечних речовин та їх небезпечних властивостей; визначення критичних умов, за яких можливий прояв небезпечних властивостей речовин і виникнення аварії; аналіз відхилень у технологічному процесі, що призводить до виникнення аварії.

При цьому розглядається не тільки можливість прояву небезпечних властивостей при виході речовин за межі апаратури та контакті з атмосферою, але й можливість небезпечних процесів в апаратах і трубопроводах, у тому числі можливість протікання некерованих реакцій.

На підставі аналізу можливих відхилень виявляються небезпечні події, що призводять до виникнення та розвитку аварій (події, що ініціюють виникнення аварій). Складається їх перелік.

У процесі виникнення небезпечних відхилень, що можуть виникнути під час експлуатації об'єкта, розглядаються і відбираються рішення щодо запобігання таких відхилень.

3. *Оцінка ризику (імовірності) виникнення аварії.* Для кожної ініціюючої аварію події на потенційному джерелі аварії виконується оцінка імовірності її реалізації протягом одного року.

Під час розгляду причин відхилень розглядаються відмови устат-

кування, арматури, поломки, можливі технологічні причини, обумовлені порушенням режимів роботи, а також помилки персоналу. Оцінка може виконуватися побудовою й аналізом логіко-ймовірносної схеми виникнення (ініціювання) аварії (“дерева відмов”). “Дерево відмов” – це форма упорядкованого графічного зображення логіко-ймовірносного зв’язку випадкових подій (порушень, відмовлень, помилок тощо), що призводить до реалізації кінцевої події (“верхня подія”). Побудова “дерева відмов” виконується з використанням стандартизованого графічного представлення подій і логічних символів зв’язку між подіями.

Для початкових подій у “дерева відмов” необхідно визначити імовірність їх реалізації. На основі зібраних даних для логіко-ймовірносної моделі відмов, отриманої в процесі аналізу, розраховується імовірність виникнення аварії (небажаної “верхньої події”). Якщо імовірність виникнення аварії є неприйнятною величиною, то виконується аналіз “дерева відмов” і відшукується рішення щодо її зниження.

4. *Аналіз умов і оцінка імовірності розвитку аварій.* На цьому етапі на основі оцінки ймовірності спрацювання та відмови засобів стримування аварії та помилок персоналу визначається ймовірність різноманітних наслідків аварії.

Для оцінки ризику необхідно побудувати “дерево подій”, в якому для встановленої при побудові “дерева відмов” ініціюючої події повинні бути визначені можливі наслідки, в залежності від напрямку розвитку аварії, спрацювання чи відмови засобів стримування аварії та дії чи бездіяльності персоналу.

Оскільки одна і та ж речовина може мати декілька небезпечних властивостей і відноситися до декількох категорій і груп речовин, то при кожному наслідку в “дереві подій” можуть виникнути різні види аварій, що мають свою імовірність. Тому розглядаються і обираються рішення із запобігання розвитку аварії і зниженню імовірності можливих наслідків.

5. *Визначення масштабів наслідків аварії.* Включає аналіз можливих впливів наслідків аварії на людей, майно та довкілля. Для оцінки можливих наслідків і наступної оцінки ризику необхідно моделювати аварії для кожного результату в “дереві подій”, виявленого в процесі аналізу розвитку аварії.

Для оцінки рівня ризику наслідків аварії необхідно визначити для виявлених у процесі аналізу напрямків і для кожного етапу її розвитку, чи може вона на цьому етапі бути локалізована і ліквідована.

6. *Оцінка ризику (імовірності) можливих наслідків аварії.* Повинна проводитися на кожному етапі розвитку аварії. При цьому викону-

ється оцінка ризику наслідків тільки для тих об'єктів “турботи”, на які за результатами розрахунків вражальних факторів можливий негативний вплив.

Крім того оцінюється територіальний ризик (імовірність загибелі протягом року людини, яка знаходиться в конкретному місці простору, від можливих джерел небезпеки ОПН) та індивідуальний ризик (імовірність загибелі людини, що знаходиться в даному регіоні, від можливих джерел небезпеки ОПН протягом року з урахуванням імовірності її перебування в зоні ураження).

Для оцінки територіального ризику за отриманим при моделюванні аварій значенням вражального фактора в певній точці простору визначається умовна імовірність летального результату для людини у випадку її перебування в цій точці [1].

Якщо відома імовірність появи людини в певній точці простору, то визначається індивідуальний ризик загибелі в цій точці людини, що проживає в розглянутому регіоні [1].

Підсумовуючи індивідуальні ризики по всій території розглянутого регіону, визначають індивідуальний ризик проживання в ньому, обумовлений можливими аваріями на ОПН.

За значення територіального ризику у виділеному регіоні та щільності населення в ньому визначається очікуване число загиблих протягом року в розглянутому регіоні, чи ймовірність загибелі в регіоні протягом одного року більше 10 чоловік, обумовлені можливими аваріями на ОПН.

Для обраного об'єкта “турботи” визначається сумарний ризик небажаних наслідків від впливу різних вражальних факторів різних аварій з різними наслідками всіх виділених джерел аварій [1].

Всі припущення під час оцінки масштабів аварії у випадку виникнення невизначеностей у процесі оцінки ризику повинні орієнтуватися на найгірші наслідки.

Встановлюється значення, вище якого ризик вважається абсолютно неприйнятним (верхній рівень), і значення, нижче якого ризик вважається абсолютно прийнятним (нижній рівень). Такі значення встановлюються для територіального, індивідуального і соціального ризиків (соціальний ризик – імовірність загибелі людей понад певну кількість у даному регіоні протягом року від можливих джерел небезпеки ОПН, з урахуванням імовірності їх перебування в зоні ураження).

Для ОПН прийнятний ризик встановлюється з урахуванням створеного ним масштабу небезпеки та розташування в регіоні інших підприємств, що мають ОПН, за умови, що сумарний ризик виникнення небажаних наслідків не перевищує встановленого (таблиця).

Значення прийнятних і неприйнятних ризиків

Вид ризику, R	Абсолютно прийнятний	Абсолютно неприйнятний
Територіальний, R_t	$\leq 10^{-7}$	$> 10^{-5}$
Індивідуальний, R_i	$\leq 10^{-8}$	$> 10^{-6}$
Соціальний, R_s	$\leq 10^{-7}$	$> 10^{-5}$

Абсолютно неприйнятний ризик встановлюється за межами санітарно-захисної зони підприємства, що має у своєму складі хоча б один ОПН.

7. *Оцінка прийнятності ризику та вибір рішень щодо зменшення ризику* ґрунтується на наступних принципах: ризик, що пов'язаний з виявленою на ОПН потенційною небезпекою для виділених об'єктів “турботи”, має бути прийнятним; будь-яка діяльність, яка створює ризик, що перевищує прийнятний, є неприпустимою, незалежно від вигоди, що вона приносить; витрати на досягнення та підтримку прийнятного ризику повинні бути мінімальними.

На підставі результатів аналізу небезпеки та ризику визначається сумарний рівень ризику кожного об'єкта “турботи”, що потрапляє в зону можливого ураження. Будівництво, реконструкція та експлуатація ОПН неприпустима, якщо ризик небажаних наслідків для хоча б одного з об'єктів “турботи” вище встановленого прийнятного ризику.

Розгляд і вибір рішень, що забезпечують прийнятність ризику, доцільно проводити на всіх етапах аналізу небезпеки та ризику.

Заходи щодо зменшення ризику можуть мати технічний і/або організаційний характер і вибираються в такій послідовності: зменшення імовірності виникнення аварії, зменшення імовірності розвитку її, зменшення тяжкості наслідків. Для визначення пріоритетності розглядуваних заходів необхідно: визначити сукупність заходів, що можуть бути реалізовані при заданих обсягах фінансування; ранжувати їх за показником “ефективність-витрати”; обґрунтувати й оцінити ефективність пропонуваних заходів.

Таким чином, розробка заходів по забезпеченню прийнятного ризику можливих наслідків аварії на ОПН повинна базуватися на аналізі небезпек та оцінці ризику на всіх етапах виникнення та розвитку аварії шляхом побудови логіко-імовірнісної схеми зв'язку випадкових подій, що призводять до реалізації небажаної кінцевої події.

1.Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної безпеки. Затверджено Наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002р. №637.

2.Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної безпеки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-3.07-02.

3.Порядок декларування безпеки об'єктів підвищеної безпеки. Затверджено по-

становую Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-8.22-02.

4.Настанова щодо дослідження небезпеки та кількісної оцінки ризику техногенних аварій. Затверджено Наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002р. № 637.

Отримано 15.08.2005

УДК 658.3 : 61; 681.3

В.Г.БРУСЕНЦОВ, канд. техн. наук, А.В.ШАПКА, д-р техн. наук,
А.В.ГОНЧАРОВ, И.И.БУГАЙЧЕНКО, О.В.БРУСЕНЦОВ

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков

НАДЕЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОПЕРАТОРОВ – ПРОБЛЕМЫ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ

Обсуждаются теоретические аспекты получения количественной оценки уровня эксплуатационной надежности работников локомотивных бригад.

В последнее время значительно возрос интерес к проблеме человеческого фактора в вопросах безопасности на железнодорожном транспорте [1-6, 15]. Ошибки человека-оператора могут привести и приводят к многочисленным авариям, человеческим жертвам, большим материальным потерям, экологическим катастрофам регионального и глобального масштаба. В связи с этим актуальной является проблема количественной оценки надежности человека, которая позволила бы перейти к объективным характеристикам позволяющим проводить контроль и мониторинг.

Цель настоящей статьи состоит в количественном исследовании надежности человека-оператора, комплексной объективизации ее оценки.

Под надежностью сложных технических систем обычно понимают способность их сохранять свои наиболее существенные свойства (безотказность, ремонтпригодность и др.) на заданном уровне в течение фиксированного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации. В качестве основного показателя надежности системы обычно принимают вероятность безотказной работы $P(t)$, которая определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\int_0^t S(t)dt},$$

где $S(t)$ – интенсивность отказов.

В случае сложных систем, состоящих из ряда элементов, когда отказ любого элемента вызывает отказ всей системы, вероятность безотказной работы ее равна: